

ALTERNATIVAS DE DISPOSIÇÃO DE REJEITOS DE MINERAÇÃO NA AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL NO ESTADO DE MINAS GERAIS

MINING TAILINGS DISPOSAL ALTERNATIVES IN ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT IN THE STATE OF MINAS GERAIS

ALTERNATIVAS PARA LA DISPOSICIÓN DE RESIDUOS MINEROS EN LA EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL EN EL ESTADO DE MINAS GERAIS

Marina Damasceno Paixão

Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária pelo Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG).

E-mail: paixao.marina03@gmail.com

Adriana Alves Pereira Wilken

PhD pela Vrije Universiteit Amsterdam (VU Amsterdam). Professora do Departamento de Ciência e Tecnologia Ambiental do CEFET-MG.

Endereço: Av. Amazonas, nº 5.253, Bairro Nova Suíssa, Belo Horizonte-MG.

E-mail: adrianaw@cefetmg.br

RESUMO

A mineração, importante atividade econômica no estado de Minas Gerais, gera uma grande quantidade de rejeitos. Atualmente, existem diversas tecnologias de disposição desses rejeitos, mas a disposição em barragens continua sendo a mais usada, apesar do histórico de rompimentos dessas estruturas. O processo de licenciamento ambiental de atividades minerárias demanda a elaboração de estudos de alternativas tecnológicas de projeto, de modo a selecionar aquela de melhor viabilidade ambiental. Objetivou-se avaliar a abordagem das alternativas tecnológicas de disposição de rejeitos de empreendimentos minerários licenciados no estado de Minas Gerais. Para isto, foram selecionados 13 projetos cujas licenças ambientais foram aprovadas entre 2017 e 2019. Foram verificados se os Estudos de Impacto Ambiental atenderam a critérios legais e de boas práticas ambientais na seleção das alternativas. Observou-se que apenas quatro projetos abordaram estudos de alternativas tecnológicas, mas nenhum deles atendeu a todos os critérios analisados. Enviesamento na proposição de alternativas, falta de embasamento e referenciamento de dados no processo de escolha, prevalência de aspectos econômicos sobre os ambientais e falta de justificativa na seleção da tecnologia foram verificados na maioria dos casos. A disposição de rejeitos por empilhamento a seco, considerada uma técnica ambientalmente viável, foi selecionada por sete projetos. Entretanto, cinco projetos ainda decidiram pela disposição em barragens. Em geral, os estudos analisados se limitaram em descrever a tecnologia que se desejava licenciar. Somente com uma abordagem estratégica o processo de seleção de alternativas seria adequadamente tratado, propondo assim soluções antes que cada projeto individual seja apresentado para licenciamento ambiental.

Palavras-chave: Estudo de impacto ambiental; Viabilidade ambiental; Política ambiental; Resolução CONAMA.

ABSTRACT

Mining, an important economic activity in the state of Minas Gerais, generates a large amount of tailings. Currently, there are several technologies for the disposal of these tailings, but the disposal in dams remains the most used, despite the history of disruption of these structures. The environmental licensing process for mining activities requires the preparation of studies of technological alternatives for the project, in order to select the one with the best environmental feasibility. The objective was to evaluate the approach of technological alternatives for disposal of tailings from licensed mining enterprises in the state of Minas Gerais. For this, 13 projects were selected whose environmental licenses were approved between 2017 and 2019. It was verified if the Environmental Impact Studies met legal criteria and good environmental practices in the selection of alternatives. It was observed that only four projects addressed studies of technological alternatives, but none of them met all the analyzed criteria. Bias in the proposition of alternatives, lack of basis and reference of data in the choice process, prevalence of economic aspects over environmental ones and lack of justification in the selection of technology were verified in most cases. The disposal of waste by dry stacking, considered an environmentally viable technique, was selected by seven projects. However, five projects still decided to dispose in dams. In general, the studies analyzed were limited to describing the technology that one wanted to license. Only with a strategic approach would the selection process for alternatives be properly addressed, thus proposing solutions before each individual project is submitted for environmental licensing.

Keywords: Environmental impact statement; Environmental viability; Environmental policy; CONAMA Resolution.

RESUMEN

La minería, una importante actividad económica en el estado de Minas Gerais, genera una gran cantidad de relaves. En la actualidad, existen varias tecnologías para la eliminación de estos residuos, pero la eliminación en presas sigue siendo la más utilizada, a pesar del historial de rupturas de estas estructuras. El proceso de licenciamiento ambiental de las actividades mineras requiere la elaboración de estudios de alternativas tecnológicas del proyecto, con el fin de seleccionar la de mejor viabilidad ambiental. El objetivo fue evaluar el enfoque de las alternativas tecnológicas para la eliminación de los relaves de las empresas mineras autorizadas en el estado de Minas Gerais. Para ello, se seleccionaron 13 proyectos cuyas licencias ambientales fueron aprobadas entre 2017 y 2019. Se verificó si los Estudios de Impacto Ambiental cumplían los criterios legales y las buenas prácticas ambientales en la selección de alternativas. Se observó que sólo cuatro proyectos abordaban estudios de alternativas tecnológicas, pero ninguno de ellos cumplía todos los criterios analizados. En la mayoría de los casos se verificaron sesgos en la propuesta de alternativas, falta de fundamentación y referenciación de datos en el proceso de selección, prevalencia de los aspectos económicos sobre los ambientales y falta de justificación en la selección de la tecnología. La eliminación de los residuos por apilamiento en seco, considerada una técnica ambientalmente viable, fue seleccionada por siete proyectos. Sin embargo, cinco proyectos todavía se decidieron por la eliminación en presas. En general, los estudios analizados se limitaron a describir la tecnología que se quería licenciar. Sólo con un enfoque estratégico se abordaría adecuadamente el proceso de selección de alternativas, proponiendo así soluciones antes de que cada proyecto individual se presente para su autorización ambiental.

Palabras clave: Manifiesto del impacto ambiental; Viabilidad ambiental; Política ambiental; Resolución del CONAMA.

1. INTRODUÇÃO

A mineração compreende um conjunto de atividades destinadas a pesquisar, mensurar, extrair e beneficiar recursos minerais de forma a transformá-los em bens de valores econômicos e sociais, contribuindo de forma decisiva para o bem-estar e a melhoria da qualidade de vida das presentes e futuras gerações. A indústria extrativa mineral representou, no período de julho de 2017 a junho de 2018, 1,4% de todo o Produto Interno Bruto (PIB) do Brasil (IBRAM, 2018), constituindo em um importante fomentador da indústria nacional.

As atividades mineradoras geram uma grande quantidade de resíduos sólidos. Dentre os mais volumosos, destacam-se os resíduos resultantes de processos de extração (o estéril) e os de beneficiamento (os rejeitos). Os processos de beneficiamento do minério visam extrair os elementos de interesse econômico (produto final). Eles têm a finalidade de padronizar o tamanho dos fragmentos, remover minerais associados sem valor econômico e aumentar a qualidade, pureza ou teor do produto final. Os procedimentos empregados são muito variados, pois dependem basicamente do tipo e da qualidade do minério a ser extraído (IPEA, 2012). A água, frequentemente usada nos processos de beneficiamento, especialmente na concentração do minério, propicia a geração de rejeitos úmidos, cuja gestão e disposição adequada no meio ambiente é um grande desafio para as empresas geradoras.

Em função do tipo de minério processado e dos tratamentos adotados, podem ser encontrados rejeitos com variadas características geotécnicas, físico-químicas e mineralógicas. Quando de granulometria fina, são denominados lama, e quando de granulometria grossa (acima de 0,074 mm), são denominados rejeitos granulares. Eles são transportados para os locais de disposição em tubulações, por gravidade ou por bombeamento, e descartados sob a forma de pasta, a granel, ou líquida (polpa de água com sólidos ou lama) (ESPÓSITO; DUARTE, 2010).

Atualmente, existem diversas tecnologias de disposição de rejeitos de mineração. De forma geral, os rejeitos podem ser dispostos: em minas subterrâneas; em cavas exauridas de minas; por empilhamento drenado; por empilhamento a seco (*dry stacking*); por disposição de rejeitos espessados ou em pasta; em barragens de contenção de rejeitos (do tipo a montante, a jusante e “em linha de centro”); por codisposição de rejeitos e estéreis; e por disposição compartilhada de rejeitos e estéreis. A seleção do método de disposição irá depender: da natureza do processo de mineração; das condições geológicas e topográficas da região; das propriedades mecânicas dos materiais; do poder de impacto ambiental de contaminantes dos rejeitos e das condições climáticas da região (IBRAM, 2016).

Dentre os diversos métodos, a disposição em reservatórios criados por diques de contenção ou barragens é a mais comumente usada pelas mineradoras brasileiras do segmento metálico (IPEA, 2012). Essas barragens ou diques são estruturas geotécnicas que podem ser de solo natural ou ser construídos com os próprios rejeitos, e devem permanecer estáveis por períodos muito longos, normalmente maiores que a própria vida útil da mina (KOSSOFF et al., 2014; IBRAM, 2016).

No entanto, os diversos rompimentos de barragens ocorridos no Brasil e no mundo, demonstram que essa técnica pode apresentar falhas, culminando em um significativo impacto social e ambiental. Citam-se como exemplos, os mais recentes e catastróficos casos ocorridos em Minas Gerais, os rompimentos das barragens de Fundão e da Mina do Córrego do Feijão. No caso de Fundão, o reservatório localizava-se no município de Mariana e pertencia à empresa Samarco Mineração S.A. No dia 05 de novembro de 2015, seu dique entrou em colapso e rompeu-se, causando um desastre ambiental sem precedentes na história do Brasil. Os efeitos imediatos dessa tragédia puderam ser observados desde a jusante da barragem destruída, em Minas Gerais, até a foz do rio Doce, no mar do Espírito Santo. Seu legado: um rastro de destruição, contaminação e mortes (SANTOS et al., 2019). Já a barragem da Mina do Córrego do Feijão, localizada em Brumadinho e pertencente à Vale S.A., rompeu-se no dia 25 de janeiro de 2019, também causando um significativo impacto ambiental em função da lama ter atingido o rio Paraopeba, além de ter levado a óbito mais de 250 pessoas (THOMPSON et al., 2020).

Considerando que os desastres ocorridos em Minas Gerais não estão associados apenas a falhas na gestão de riscos de barragem por parte das empresas, mas também às frágeis políticas e instituições existentes para a redução de riscos, pode-se considerar que se tem um grande conjunto de sérias ameaças e riscos de desastres em barragens de mineração espalhado pelo país (FREITAS; SILVA; MENEZES, 2016).

Um outro fator preocupante é que, com o passar do tempo, os rejeitos vêm sendo produzidos em quantidades cada vez maiores, uma vez que os minérios a serem lavrados estão ficando cada vez mais pobres ou menos acessíveis, o que pode afetar de forma significativa o meio ambiente. Esses rejeitos, apesar de não possuírem valor econômico direto, têm sido alvo de grande interesse por parte das empresas do setor de mineração, que vêm procurando novas alternativas de disposição desses materiais, de forma mais econômica e segura.

Empreendimentos que causem interferências ao meio ambiente, como é o caso da mineração, devem se submeter ao licenciamento ambiental. Este instrumento, instituído pela Política Nacional de Meio Ambiente (BRASIL, 1981), prevê que a autoridade pública encarregada pela proteção ambiental analise os impactos que um empreendimento poderá causar em um determinado local. Aplicando o princípio da prevenção, deve-se garantir que medidas capazes de evitar ou mitigar impactos ambientais sejam adotadas.

No estado de Minas Gerais, os processos de licenciamento ambiental são conduzidos pela Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD), por meio de suas unidades administrativas. As modalidades de licenciamento ambiental previstas são, além do licenciamento trifásico (Licença Prévia (LP), Licença de Instalação (LI) e Licença de Operação (LO), expedidas em etapas sucessivas), o licenciamento concomitante, quando uma licença é expedida juntamente com uma ou mais licenças (MINAS GERAIS, 2017a). O Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM), por meio de suas Câmaras Técnicas, tem a atribuição de deliberar sobre concessões de licenças ambientais de certos tipos de empreendimentos. No caso da mineração, cabe à Câmara de Atividades Minerárias (CMI) a análise e deliberação das licenças ambientais dos empreendimentos de maiores porte e potencial poluidor (MINAS GERAIS, 2016).

O processo de licenciamento ambiental demanda que os empreendedores apresentem estudos ambientais que subsidiem a análise e posterior posicionamento do órgão ambiental licenciador. Segundo a Resolução CONAMA (Conselho Nacional de Meio Ambiente) nº 01/86, que instituiu a Avaliação de Impacto (AIA) no Brasil (BRASIL, 1986), os Estudos de Impacto Ambiental (EIAs) e respectivos Relatórios de Impacto Ambiental (RIMAs) são requeridos para atividades que têm o potencial de causar significativa degradação ambiental, devendo ser apresentados anteriormente à obtenção da LP, quando se aprova a localização e concepção do projeto, atestando sua viabilidade ambiental.

Dentre as atividades técnicas a serem desenvolvidas, os EIAs devem contemplar todas as alternativas tecnológicas do projeto, confrontando-as com a hipótese de não execução do projeto (BRASIL, 1986). Além disso, devem analisar todos os impactos ambientais e de suas alternativas, e recomendar a mais favorável do ponto de vista da viabilidade ambiental. A análise e proposição de alternativas objetivam estimular os proponentes a conceber projetos menos agressivos ao meio ambiente (SÁNCHEZ, 2013). Constitui em uma importante ferramenta para implementação de tecnologias de disposição ambientalmente adequada de rejeitos no setor minerário, principalmente aquelas que substituam a disposição em barragens, conforme preconizado por recente legislação em Minas Gerais (MINAS GERAIS, 2019a).

Pesquisas indicam que, de modo geral, os EIAs produzidos no país não abordam sistematicamente as alternativas e seus impactos ambientais (MPF, 2004; MONTAÑO; SOUZA, 2008; LANDIM; SÁNCHEZ, 2012; ALMEIDA; MONTAÑO, 2017). No entanto, não há estudos que analisem qualitativamente e quantitativamente as propostas de alternativas tecnológicas de disposição de rejeitos em estudos do setor de mineração no estado de Minas Gerais.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a abordagem das alternativas tecnológicas de disposição de rejeitos apresentadas em EIAs de empreendimentos minerários licenciados no estado de Minas Gerais. Desta forma, buscou-se verificar se os estudos, além de apresentarem as alternativas, estabeleceram critérios para seleção daquela considerada de melhor viabilidade ambiental.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Inicialmente buscou-se, através dos processos administrativos de licenciamento ambiental, os empreendimentos minerários cujas LPs, concomitante, ou não, a LI e LO, foram concedidas pela CMI do COPAM. O período analisado compreendeu entre a 1ª reunião, ocorrida em 03 de fevereiro de 2017, e a 48ª, ocorrida em 30 de agosto de 2019, obtendo-se um total de 46 processos.

Na sequência, os processos foram acessados através da ferramenta *on-line* do Sistema Integrado de Informações Ambientais (SIAM) do Estado de Minas Gerais, filtrando aqueles cuja atividade licenciada relacionava-se à geração de rejeitos (SIAM, 2019). Dos 17 processos resultantes, foram selecionados 13, cujos EIAs encontravam-se digitalizados e, portanto, puderam ser acessados (Tabela 1).

A análise da abordagem das alternativas tecnológicas nos estudos foi baseada nos critérios definidos pela Resolução CONAMA nº 01/1986 e nas recomendações presentes no manual para elaboração de estudos para o licenciamento com avaliação de impacto ambiental, elaborado pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 2014). Este manual estabelece a inclusão no EIA de uma análise comparativa quanto às alternativas tecnológicas viáveis das estruturas, modalidades e/ou principais equipamentos previstos no projeto, suas vantagens e desvantagens, considerando os aspectos técnicos, ambientais e econômicos. Além disso, é recomendado, pelo manual, que a alternativa selecionada seja devidamente justificada, indicando-se a estimativa quantitativa de indicadores para balizar a tomada de decisão em relação à alternativa escolhida. E deve-se levar em consideração os impactos ambientais aos meios físico, biótico e socioeconômico (CETESB, 2014).

A análise da abordagem das alternativas tecnológicas também se baseou na adaptação de critérios gerais de boas práticas ambientais descritos na literatura e reportados por Fernandes et al., (2017). Segundo esses critérios, o estudo de alternativas deve ser rigoroso, objetivo e não enviesado, de forma a apresentar imparcialmente as opções. Também deve ser realizado com dados confiáveis e atualizados para subsidiar a tomada de decisão. Além disso, deve-se garantir a não-inclusão de propostas arbitrárias e inviáveis apenas para engrandecer o estudo. Por fim, deve ser checada a exclusão sem justificativa de alternativas consideráveis, antes de avaliá-las detalhadamente.

Portanto, para cada EIA selecionado, foram avaliados os critérios presentes na Tabela 2, verificando o cumprimento ou não de cada um.

Tabela 1 - Processos de licenciamento ambiental de atividades minerárias cujos Estudos de Impacto Ambiental foram selecionados para análise.

Processo	Licença	Atividade	Empreendedor	Empreendimento
27576/2011/ 003/2015	LP + LI ¹ Ampliação	Lavra a céu aberto com tratamento a úmido – Minério de ferro	MML Metais Mineração Ltda	Ampliação do empreendimento de mineração de minério de ferro e cascalho
00022/1995/ 063/2013	LP ² Ampliação	Lavra a céu aberto sem tratamento ou com tratamento à seco – Minério de ferro	Vale S.A.	Expansão Cava da Divisa
00001/1988/ 029/2017	LP + LI Ampliação	Barragem de contenção de rejeitos/resíduos	Vale Fertilizante S.A.	Alteamento da Barragem BL-1
00211/1991/ 058/2011	LP Ampliação	Barragem de contenção de rejeitos/resíduos e pilhas de rejeito/estéril	Vale S.A.	Barragem Maravilhas III
27116/2011/ 001/2015	LP	Lavra a céu aberto com tratamento a úmido – Manganês; UTM - Unidade de Tratamento de Minerais; Pilha de rejeito/estéril; Obras de infraestrutura; Barragem de contenção de rejeitos; Estrada para transporte de minério/estéril; Posto de abastecimento de combustível	Oratórios Engenharia Mineral Ltda	Lavra a céu aberto com tratamento a úmido (manganês)
00078/1980/ 052/2011	LP + LI Ampliação	Barragem de contenção de rejeitos/resíduos	Vale Fertilizantes S.A.	Barragens B6 e B7
00104/1988/ 061/2016	LP + LI Ampliação	Pilhas de rejeito/estéril	Votorantim Metais Zinco S.A.	Projeto de disposição de rejeitos secos – Pilha Garrote
15476/2016/ 001/2016	LP + LI Retorno de operações	Barragem de contenção de rejeitos/resíduos	Samarco Mineração S.A.	Sistema de disposição de rejeitos – Alegria Sul
00472/2007/ 008/2015	LP + LI Ampliação	Lavra a céu aberto com tratamento à úmido – Minério de Ferro	Anglo American	Projeto de extensão da Mina do Sapo
02402/2012/ 001/2012	LP	Lavra a céu aberto com tratamento a úmido - Minério de Ferro	MLOG S.A.	Projeto minerário Morro do Pilar
00119/1986/ 111/2014	LP + LI + LO ³ Ampliação	Barragem de Contenção de Rejeitos / Resíduos	Vale S.A.	Alteamento da barragem de rejeitos Itabiruçu El. 850m
03886/2007/ 015/2014	LP + LI Ampliação	Lavra a céu aberto com tratamento a úmido - Minério de ferro; Unidade de Tratamento de Minerais – UTM; Pilhas de rejeito/estéril	Ferro + Mineração S.A.	Lavra a céu aberto, UTM, pilhas de estéril e rejeito e estrada
00103/1981/ 090/2017	LP + LI Ampliação	Pilhas de rejeito/estéril - Minério de ferro	CSN Mineração S.A.	Projeto da pilha de rejeito dsaguado e/ou filtrado do Fraile

Tabela 2 - Critérios gerais utilizados para avaliação dos estudos de alternativas tecnológicas em Estudos de Impacto Ambiental de empreendimentos minerários do estado de Minas Gerais.

Critérios Gerais
1 – Proposição de alternativas tecnológicas;
2 – Hipótese de não execução do projeto;
3 – Ser rigoroso, objetivo e não enviesado na proposição das alternativas;
4 – Embasar em dados confiáveis e atualizados;
5 – Propor escolhas realistas, evitando a elaboração arbitrária de alternativas e propostas inviáveis apenas para engrandecer o estudo;
6 – Consideração quanto aos impactos ambientais aos meios físico, biótico e socioeconômico de cada alternativa;
7 – Apresentação das vantagens e desvantagens das alternativas, considerando os aspectos técnicos, ambientais e econômicos;
8 – Análise comparativa das alternativas;
9 – Justificar e analisar os motivos que eliminaram alguma alternativa e o processo de escolha;
10 – Evitar favorecer alternativas utilizadas anteriormente, desconsiderando opções modernas.
11 – Indicação da estimativa quantitativa de indicadores para balizar a tomada de decisão.

Fonte: BRASIL (1986), CETESB (2014), Fernandes et al. (2017), adaptado.

3. RESULTADOS

A Tabela 3 apresenta os resultados da avaliação dos estudos de alternativas tecnológicas apresentados nos EIAs selecionados. A Tabela 4, por sua vez, mostra um resumo dos diferentes tipos de tecnologias de disposição de rejeitos apresentados nos estudos, relacionando o número de vezes que cada tecnologia foi proposta e o número de vezes que foi selecionada. A seguir, é apresentada uma breve descrição de cada empreendimento, das alternativas apresentadas no EIA e do procedimento de seleção de alternativas.

Tabela 3. Resultado da análise dos critérios gerais utilizados para avaliação dos estudos de alternativas tecnológicas em Estudos de Impacto Ambiental de empreendimentos minerários do estado de Minas Gerais.

Empreendedor	Empreendimento	Critérios Gerais ¹										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
MML Metais Mineração Ltda	Ampliação do empreendimento de mineração de minério de ferro e cascalho	x	✓	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Vale S.A.	Expansão Cava da Divisa	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Vale Fertilizantes S.A.	Alteamento da Barragem BL-1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Vale S.A.	Barragem Maravilhas III	✓	x	x	x	✓	x	x	x	x	x	x
Oratórios Engenharia Mineral Ltda	Lavra a céu aberto com tratamento a úmido (manganês)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Vale Fertilizantes S.A.	Barragens B6 e B7	x	✓	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Votorantim Metais Zinco S.A.	Projeto de disposição de rejeitos secos – Pilha Garrote	✓	x	✓	x	✓	✓	✓	✓	✓	✓	x
Samarco Mineração S.A.	Sistema de disposição de rejeitos – Alegria Sul	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Anglo American	Projeto de extensão da Mina do Sapo	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
MLOG S.A.	Projeto minerário Morro do Pilar	✓	✓	x	x	✓	x	x	x	x	✓	x
Vale S.A.	Alteamento da barragem de rejeitos Itabiruçu El. 850m	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Ferro + Mineração S.A.	Lavra a céu aberto, UTM, pilhas de estéril e rejeito e estrada	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
CSN Mineração S.A.	Projeto da Pilha de Rejeito Desaguado e/ou Filtrado do Fraile	✓	x	✓	x	✓	x	✓	x	✓	✓	x

✓: Critérios cumpridos; x: Critérios não cumpridos.

¹ Definidos na Tabela 2.

Tabela 4. Quantitativo das tecnologias de disposição de rejeitos propostas e selecionadas nos Estudos de Impacto Ambiental de 13 empreendimentos minerários do estado de Minas Gerais.

Tipo de Tecnologia	Nº Proposto	Nº Selecionado
Disposição à seco (Pilhas)	8	7
Barragem (Nova)	4	2
Alteamento de barragem existente	4	3
Empilhamento drenado	2	1
Disposição na forma espessada (Pasta)	3	0

3.1. MML Metais Mineração Ltda – Ampliação do empreendimento de mineração de minério de ferro e cascalho

A empresa MML Metais Mineração Ltda. apresentou EIA/RIMA visando ao licenciamento ambiental para ampliação do empreendimento de mineração de minério de ferro e cascalho, localizado no município de Passa Tempo, objetivando a obtenção da LP + LI (GEOMIL, 2015). De acordo com o estudo, o estéril e o rejeito seriam dispostos em pilha. O estéril seguiria diretamente da lavra para a pilha. O minério, após lavrado e concentrado através de rolos magnéticos, geraria um rejeito que seria lançado em baias de sedimentação, para recuperação da água.

Após secagem dos rejeitos decantados, estes seriam removidos com escavadeira e encaminhados para a pilha de estéril/rejeito. Porém, de acordo com o Parecer Único Nº 0673067/2017, que embasou o processo de tomada de decisão sobre esse licenciamento, posteriormente a empresa informou a desistência da disposição do rejeito em pilha. Segundo o parecer, tanto o estéril quanto o rejeito seriam dispostos em cava de lavra já exaurida e utilizados para recuperação das cavas a serem lavradas (MINAS GERAIS, 2017b).

Apesar de descrita a forma desejada de disposição de estéril e rejeito, proposta de forma compartilhada, o estudo, ao abordar as alternativas tecnológicas, refere-se aos principais métodos de concentração do minério de ferro (concentração por densidade ou por diferença de magnetismo). Ressalta-se que a Unidade de Tratamento de Minério (UTM) não foi objeto de licenciamento neste processo. Segundo o estudo, a UTM existente iria concentrar o minério lavrado após ampliação da cava. Portanto, em nenhum momento foram realmente propostas alternativas de disposição do rejeito. Nesse contexto, apesar de apresentado o tópico, o EIA não apresentou alternativas tecnológicas de disposição de rejeito (critério 1, Tabela 3). Há que se ressaltar que as formas diferentes de concentração do minério propostas ainda gerariam o rejeito úmido, não alterando, portanto, o potencial do rejeito de causar impactos ambientais. Assim, foi impossível analisar os critérios 3 a 11 (Tabela 3).

Em relação à hipótese de não execução do projeto, o estudo diz que implicaria no não aproveitamento da jazida mineral da área em sua plenitude, e a manutenção do uso e ocupação do solo em sua forma atual, predominantemente voltado para a pecuária de corte. Segundo o estudo, não ocorreriam os impactos ambientais inerentes à atividade de mineração, mas por outro lado não seriam gerados/mantidos os empregos na região (62 empregos diretos). Além disto, o poder público deixaria de receber tributos relacionados à atividade, deixando de movimentar a economia local. Percebe-se que a exclusão da alternativa de não ampliar o empreendimento foi prontamente descartada pelo estudo, sem ser embasada por uma análise mais detalhada contemplando aspectos técnicos e ambientais. Considerou-se apenas os aspectos econômicos para justificar a exclusão da alternativa de não se implantar o projeto.

Desta forma, após a análise, conclui-se que o EIA não apresentou as alternativas tecnológicas, não atendendo ao exigido pela Resolução CONAMA nº 01/86, apesar de ter abordado a hipótese de não execução do projeto (critério 2, Tabela 3).

3.2. Vale S.A. – Expansão de Brucutu: Cava Divisa

A Vale S.A. apresentou EIA/RIMA para subsidiar o licenciamento ambiental do projeto de expansão da mina de Brucutu, localizado nos municípios de São Gonçalo do Rio Abaixo e Barão de Cocais, objetivando a obtenção da LP (LUME ESTRATÉGIA AMBIENTAL LTDA, 2012).

O empreendimento previa o aumento da produção de minério de ferro em 15 milhões de toneladas/ano, através da expansão da Cava Divisa e da implantação de uma usina de beneficiamento a seco. Segundo o projeto, uma parcela do minério (5 milhões de toneladas/ano) seria beneficiada na instalação a seco (peneiramento e britagem), enquanto os 10 milhões de toneladas de minério restantes seriam direcionados para a planta de concentração a úmido, cujo rejeito seria disposto em barragens

existentes. Outras estruturas também faziam parte deste processo, como pilha de estéril e realocação de duas linhas de transmissão.

O EIA em análise não abordou as alternativas tecnológicas. Porém, a implantação da usina de beneficiamento a seco pode ser entendida, a princípio, como uma tecnologia vantajosa, pois seria responsável por reduzir a geração de rejeitos úmidos dispostos em barragens. Contudo, outras tecnologias deveriam ter sido discutidas no estudo, de modo a indicar, a partir da análise de diversos fatores, a opção mais viável do ponto de vista ambiental.

Ademais, uma parte do rejeito ainda seria direcionada para a planta de concentração a úmido, mas, como já mencionado, não foram propostas alternativas. O empreendedor apenas se contentou em alocar o rejeito em barragem já licenciada, prevendo posteriormente o licenciamento de uma nova barragem. Nesse contexto, o EIA poderia já ter contemplado um estudo de alternativas tecnológicas, de forma a dispor todo o rejeito na opção que apresentasse maior viabilidade ambiental.

Com relação à hipótese de não implantação do empreendimento, apenas foi falado que se esperava que as comunidades faunísticas permanecessem na região, mesmo diante da descaracterização da paisagem já presente. Sendo assim, a hipótese não foi discutida e a informação apenas citada.

Conclui-se assim, que o EIA não apresentou as alternativas tecnológicas (critério 1), impossibilitando a análise dos critérios 3 a 11 (Tabela 3). Também não considerou a hipótese de não execução do projeto (critério 2, Tabela 3).

Contudo, cabe salientar que o projeto apresentado no EIA foi alterado para processamento total a seco (MINAS GERAIS, 2017c). Apesar do aparente ganho ambiental no sentido de buscar alternativas evitando a construção de novas barragens, o detalhamento da tecnologia empregada e suas implicações no meio ambiente não foram amplamente discutidas no EIA, documento onde se espera esse tipo de discussão.

3.3. Vale Fertilizantes S.A. – Alçamento da Barragem BL-1

O empreendedor apresentou EIA/RIMA para subsidiar o processo de licenciamento ambiental da disposição do rejeito gerado no Complexo de Mineração de Tapira, localizado no município de Tapira, objetivando a obtenção da LP + LI (MULTIGEO MINERAÇÃO GEOLOGIA E MEIO AMBIENTE LTDA, 2017).

O Complexo está em operação há mais de 30 anos, realizando atividades de extração de minério de titânio e fosfatado, e de beneficiamento e expedição de concentrado fosfático. Visando assegurar a continuidade operacional do empreendimento, pretendia-se realizar o alçamento da barragem já em operação, BL- 1, da cota de 1.217,5 m para 1.225 m, de forma a estender sua vida útil.

Nesse contexto, o estudo não abordou as alternativas tecnológicas, a opção de alçamento da barragem já havia sido definida, sem espaços para novas opções, que poderiam vir a ser mais viáveis ambientalmente. Tem-se, portanto, um empreendimento consolidado, cuja estrutura já estava implantada, e que não considerou a discussão de alternativas tecnológicas.

Sendo assim, tendo em vista que o estudo não apresenta alternativas tecnológicas (critério 1), ficou impossibilitada a análise dos critérios 3 a 11 (Tabela 3). A hipótese de não execução do projeto também não foi considerada (critério 2, Tabela 3). Portanto, conclui-se que o EIA em análise deixou de cumprir o mínimo exigido pela Resolução CONAMA nº 01/86.

3.4. Vale S.A. – Barragem Maravilhas III

O empreendedor apresentou EIA/RIMA para subsidiar o processo de licenciamento ambiental da disposição do rejeito gerado nas instalações de tratamento da Mina do Pico e Vargem Grande, localizadas no município de Itabirito, objetivando a obtenção da LP (LUME ESTRATÉGIA AMBIENTAL LTDA, 2010).

Os rejeitos das instalações de tratamento de minério das minas são gerados na forma de polpa, como mistura de água e sólidos. Foram estudados no EIA três alternativas de disposição dos rejeitos: disposição a seco, disposição na forma espessada e disposição hidráulica (critério 1, Tabela 3).

A primeira alternativa apresentada foi a disposição de rejeitos a seco, ou seja, disposição dos rejeitos após filtragem. Esta tecnologia, de acordo com o estudo, apresenta diversos inconvenientes, tais como o tráfego intenso de caminhões para transporte do material, a demanda de volumes elevados de solo vegetal para revegetação do depósito e geração de poeiras. Pouca disponibilidade de área na região para implantação de acessos e estruturas de disposição também foram citadas como limitações à escolha da tecnologia. Além disso, sua utilização só seria possível em 2/3 dos rejeitos produzidos, pois a outra parcela é composta de lama, material que não apresenta características filtráveis e, portanto, ainda seria necessária a implantação de uma barragem para contenção. Apesar dessa alternativa possibilitar o aumento do tempo de vida útil da barragem, ela foi prontamente descartada no estudo. Vale notar que foram apresentadas as desvantagens dessa tecnologia, em nenhum momento falou-se das vantagens dela. Ademais, os ganhos ambientais ao longo do tempo, relacionados à disposição de apenas parte dos rejeitos em barragem, não foram abordados.

A segunda alternativa apresentada foi a disposição na forma espessada, que, segundo o estudo, apresenta como vantagens a demanda por áreas menores para disposição, melhor recuperação de água e maior facilidade na recuperação final da área. Custos elevados (investimento e operacional), elevado consumo de energia para o bombeamento dos rejeitos espessados, necessidade de floclulantes para o espessamento, além do fato da técnica não se adequar às regiões com elevado índice pluviométrico e condições topográficas adversas foram algumas desvantagens da tecnologia levantadas pelo estudo. Na região da Mina do Pico, de acordo com o EIA, não foi identificada área adequada para a implantação desse tipo de disposição, visto que a morfologia da área se mostra com relevo dissecado e altos índices de erodibilidade. No entanto, essas informações não foram embasadas com referências ou detalhadas nos estudos de base no EIA. Apesar das vantagens apresentadas, a tecnologia foi prontamente descartada no estudo.

A última opção abordada foi a disposição hidráulica. O estudo já deixa claro, de início, que esse é o método mais empregado no Brasil e no exterior. Além dos custos de implantação e operação serem inferiores aos sistemas já citados, a operação é mais simples e a empresa domina a tecnologia. Observou-se claramente a tendência em escolher uma alternativa mais usual e econômica, desconsiderando opções que sejam mais modernas (critério 10, Tabela 3). O fato de o método ser mais usual não implica que ele seja a opção de melhor viabilidade ambiental. Não foram mencionados no estudo, por exemplo, os potenciais riscos atrelados a essa técnica, além das dificuldades relacionadas ao seu descomissionamento.

A abordagem das alternativas tecnológicas no EIA foi realizada de forma superficial. Contudo, as opções propostas são possíveis de serem aplicadas (critério 5, Tabela 3), apesar de duas delas terem sido excluídas apressadamente, sem uma análise criteriosa.

Os impactos das alternativas não foram sequer mencionados (critério 6, Tabela 3). Além disso, o estudo abordou as desvantagens da disposição de rejeitos a seco, vantagens e desvantagens da disposição na forma espessada, e vantagens da disposição hidráulica, sendo insuficiente para uma comparação relacionada a aspectos técnicos e ambientais (critério 7, Tabela 3). Tal fato também demonstra um enviesamento do estudo (critério 3, Tabela 3), visto que para as alternativas descartadas foram enfatizadas apenas as desvantagens, sendo que para a alternativa escolhida foram destacadas apenas as vantagens. Mesmo que todas as tecnologias possuam pontos positivos e negativos, estas informações foram omitidas de forma a engrandecer a alternativa escolhida. O enviesamento também foi percebido quando as opções que não seriam as escolhidas foram descartadas sem uma análise criteriosa e justificativas comprovadas.

Na proposta das alternativas e escolha da que seria implantada, o estudo fez considerações que, apesar de citadas, não foram embasadas com dados (critério 4, Tabela 3). Assim, a tomada de decisão não utilizou indicadores (critério 11, Tabela 3). Além disso, não foi realizada uma comparação das opções (critério 8, Tabela 3). Apesar de previamente justificado os motivos que eliminaram duas das alternativas, não houve uma discussão aprofundada do processo de escolha (critério 9, Tabela 3).

Desta forma, após a análise do EIA conclui-se que a escolha da alternativa de disposição hidráulica dos rejeitos em barragem não foi justificada pelo fato de ser a opção mais interessante do ponto de vista ambiental. A escolha se deu basicamente em função da disposição hidráulica ser a tecnologia mais usual, econômica e a empresa dominar a tecnologia. Além disso, a hipótese de não execução do projeto não foi abordada (critério 2, Tabela 3).

3.5. Oratórios Engenharia Mineral Ltda – Lavra a céu aberto com tratamento a úmido (manganês)

A empresa apresentou EIA/RIMA para subsidiar o processo de regularização ambiental da instalação da extração do minério de manganês com beneficiamento a úmido, localizada na Fazenda Ribeirão, no município de Nazareno, objetivando a obtenção da LP (LITHOS GEOLOGIA ENGENHARIA E MEIO AMBIENTE LTDA, 2015).

No tópico referente às alternativas tecnológicas foi proposta a realização de estudos para a redução do consumo e substituição do óleo diesel utilizado na planta de beneficiamento por combustíveis alternativos, em função do custo operacional e da emissão de gás carbônico advinda dessa fonte de energia. Também foi proposto o investimento em estudos para viabilizar o aproveitamento de finos de manganês, visando reduzir o volume de rejeitos na planta. De acordo com o EIA, os rejeitos do empreendimento seriam enviados para uma bacia de decantação, sendo retirados depois de drenado, e enviado para uma pilha de rejeito (sólido).

Observou-se que, efetivamente, não foram propostas alternativas tecnológicas para a disposição dos rejeitos neste projeto (critério 1, Tabela 3), impossibilitando a análise dos critérios 3 a 11 (Tabela 3). Foram apenas sugeridos estudos futuros que, na prática, já deveriam constar no documento analisado. O EIA se limitou apenas a descrever a alternativa pré-escolhida, não considerando outras opções.

O estudo também não considerou a hipótese de não execução do empreendimento (critério 2, Tabela 3). Apenas justificou a necessidade de implantação do projeto em função do minério de manganês ser essencial para a produção de aço, gusa e de liga à base de manganês, e pela geração de empregos e arrecadações tributárias, mais uma vez apoiando-se em justificativas econômicas.

Diante das considerações, observou-se que o EIA deixou de cumprir os requisitos mínimos relacionados à abordagem das alternativas tecnológicas exigidos pela Resolução CONAMA nº 01/86.

3.6. Vale Fertilizantes S.A. – Barragens B6 e B7

O empreendedor apresentou EIA/RIMA para subsidiar o processo de licenciamento ambiental, para obtenção da LP + LI, da disposição dos rejeitos gerados no processo de beneficiamento do minério fosfático na unidade industrial localizada em Araxá (PROMINER PROJETOS LTDA, 2011).

De acordo com o EIA, as alternativas tecnológicas para a disposição de rejeitos contemplam de modo geral as barragens de rejeitos. O estudo concentrou-se apenas nesta técnica, comparando as vantagens e desvantagens dos métodos construtivos (montante, jusante e linha de centro), das alturas máximas de alteamento, dos sistemas extravasores e sistemas de captação de água. Salientou que novas tecnologias de disposição por meio de uso de áreas degradadas ou espessamento e empastamento estavam sendo estudadas, não havendo viabilidade devido às características do material, vazão de operação e equipamentos compatíveis.

Na prática, o EIA abordou apenas uma alternativa, ou seja, a disposição dos rejeitos em barragens. Métodos construtivos de barragens e parâmetros técnicos não constituem, efetivamente, em alternativas tecnológicas, considerando que os impactos ambientais são, de forma geral, os mesmos. Além disso, não foram apresentadas justificativas para descartar outras tecnologias, sendo que os resultados dos estudos de alternativas já deveriam ter sido incluídos no EIA. Portanto, o EIA não atendeu ao critério 1 (Tabela 3), e, conseqüentemente, os critérios 3 a 11 não puderam ser analisados (Tabela 3).

O estudo considerou a hipótese de não implantação do empreendimento (critério 2, Tabela 3). Foi afirmado que essa é uma opção desfavorável por diversos aspectos, pois paralisaria as atividades produtivas da empresa. Segundo o estudo, esta alternativa impactaria economicamente no fornecimento de matéria prima para indústria agrícola brasileira. Socialmente, deixaria de gerar empregos e renda ao município de Araxá. E ambientalmente, levaria à implantação de outras unidades produtivas em outras localidades, o que acarretaria impactos ambientais em áreas não ocupadas, que seriam significativamente maiores que os impactos associados à manutenção das atividades numa área já impactada. Além disso, não implantar o projeto levaria a uma exploração inadequada dos recursos minerais finitos e ainda existentes na mina de Araxá. Observou-se que, além da justificativa ambiental, que não contém informações suficientes para validar o argumento apresentado, o estudo se apoiou em argumentos de cunho econômico para justificar a implantação do projeto.

3.7. Votorantim Metais Zinco S.A. – Projeto de disposição de rejeitos secos – Pilha Garrote

A empresa apresentou EIA/RIMA para subsidiar o processo de licenciamento ambiental, objetivando a obtenção da LP + LI da disposição dos rejeitos industriais gerados na Unidade Industrial Vazante, localizada no município de Vazante. Suas atividades compreendem a extração de minérios de cobre, chumbo, zinco e outros minerais metálicos não-ferrosos, além de atividades de apoio. Os rejeitos gerados seriam, à princípio, dispostos na Barragem Aroeira, mas o término de sua vida útil estava próximo, estimada para dezembro de 2017 (ECOLAB MEIO AMBIENTE LTDA, 2016).

A empresa estudou quatro alternativas tecnológicas: instalação de uma nova barragem (alternativa 1); alteamento da barragem existente, Barragem Aroeira (alternativa 2); combinação alternada de disposição em superfície (pilha) de rejeitos espessados e/ou filtrados (alternativa 3), e; preenchimento de realces com pasta (*Paste Back Fill*) (alternativa 4).

A alternativa 1 descreveu a possibilidade de construção de uma nova barragem, alteada por linha de centro. Essa opção, segundo o estudo, implicaria na utilização de áreas extensas que a Unidade Industrial de Vazante deveria adquirir. Além disto, o impacto ao meio ambiente seria maior, em função da maior área de desmate e risco geotécnico mais relevante.

A alternativa 2, alteamento da Barragem Aroeira, previu o alteamento da barragem já existente da cota de 626m para 636m. Tal possibilidade demandaria menor área de desmate e dispensaria aquisição de terras. Contudo, segundo o estudo, essa opção apresentou risco geotécnico mais elevado que uma nova barragem, pois seria necessário realizar alteamentos para montante para respeitar a Área de Preservação Permanente (APP) do Rio Santa Catarina. Atualmente, a opção de construção de barragem alteada pelo método de montante é, inclusive, proibida no estado de Minas Gerais (MINAS GERAIS, 2019a).

A alternativa 3, combinação alternada de disposição em superfície (pilha) de rejeitos espessados e/ou filtrados, mostrou-se, de acordo com o estudo, operacionalmente manejável e viável. A possibilidade de disposição de rejeitos espessados a 63% de sólidos na barragem existente e disposição de rejeitos filtrados contendo entre 12 e 15% de sólidos em uma área adjacente mostrou-se como a alternativa viável no empreendimento.

A última alternativa estudada foi o preenchimento de realces com pasta (*Paste Back Fill*), que demonstrou, inicialmente, ser atrativa, devido às características hidrológicas da região. No entanto, o EIA mencionou que novos estudos seriam necessários para uma avaliação mais detalhada. Além disso, precisaria instalar duas plantas em função da extensão de 10 Km da mina. A justificativa para descartar essa opção foi a necessidade de mais estudos. No entanto, o detalhamento dos estudos realizados até aquele momento, relatando os desafios da técnica, não foi apresentado.

Após realizar o estudo de alternativas (critério 1, Tabela 3), o EIA concluiu que a alternativa 1 apresentaria maior potencial de impacto ambiental em função da supressão vegetal de extensas áreas e maior risco geotécnico, enquanto a alternativa 2 teria um menor impacto ambiental, mas apresentaria risco geotécnico mais significativo em função dos alteamentos para montante, além da proximidade do Córrego Santa Catarina. A alternativa 3 teria um menor risco geotécnico e impacto ambiental que as alternativas anteriores, e a 4 foi considerada inviável, devido a extensão da mina, ocasionando em uma menor flexibilidade operacional. Optando, portanto, como solução de melhor viabilidade ambiental, pela disposição em pilha, após o desaguamento do material. Ao final, foi apresentado um quadro comparativo com as vantagens e desvantagens de cada alternativa, sintetizando as informações.

Observou-se que o EIA discorreu sobre a proposição de alternativas tecnológicas viáveis, apresentando a síntese de um projeto básico conceitual de aplicação das mesmas, de forma clara, direta, objetiva e imparcial, demonstrando os pontos negativos e positivos de todas, sem engrandecer a escolhida (critérios 3 e 5, Tabela 3). Percebeu-se também que metodologias mais modernas foram propostas, não se restringindo à mais usual (barragem) (critério 10, Tabela 3). No entanto, segundo o EIA, as informações dos estudos de alternativas foram produzidas por empresas contratadas, mas essas informações não foram detalhadas e/ou referenciadas, não atendendo, portanto, ao critério 4 (Tabela 3).

Ademais, foram considerados os impactos ambientais de cada alternativa, suas vantagens e desvantagens, e uma comparação entre elas no que diz respeito aos impactos, risco e a viabilidade de implantação (critérios 6, 7 e 8, Tabela 3). Os motivos que levaram à eliminação de alguma opção também foram bem claros, apesar da alternativa 4 não ter sido detalhadamente estudada, como já mencionado (critério 9, Tabela 3). Os fatores que levaram à tomada de decisão foram indicados (impactos ambientais, riscos associados e viabilidade de implantação). No entanto, não houve uma indicação de estimativa quantitativa (critério 11, Tabela 3). Outra deficiência encontrada foi a não consideração da hipótese de não execução do projeto (critério 2, Tabela 3).

Observou-se que, de uma forma geral, a escolha da disposição em pilha foi justificada com fundamentação técnica para subsidiar a decisão da alternativa de melhor viabilidade ambiental, atendendo a oito dos 11 critérios gerais analisados (Tabela 2; Tabela 3).

3.8. Samarco Mineração S.A. – Sistema de disposição de rejeitos – Alegria Sul

O empreendedor apresentou EIA/RIMA para subsidiar o processo de licenciamento ambiental, objetivando a obtenção da LP + LI, da retomada das operações no Complexo Germano, em Minas Gerais (ARCADIS S.A., 2016). As atividades do empreendimento encontravam-se interrompidas desde o rompimento da Barragem de Fundão, cujo rejeito extravasado alcançou a Barragem Santarém e posteriormente o Rio Doce, em novembro de 2015.

Segundo o EIA, com exceção de algumas estruturas, como as barragens atingidas, os demais ativos da empresa poderiam continuar a operar, incluindo as áreas de lavra e unidades de tratamento de minério. Assim, foi alegado que, em função da indisponibilidade das infraestruturas das barragens afetadas, a Samarco iniciou estudos para identificação de alternativas técnicas para a disposição de rejeitos que viabilizariam seu retorno operacional. Desta forma, foi definida a disposição do rejeito em cava confinada (Alegria Sul), temporariamente (apenas por 2 anos), como a opção de melhor viabilidade técnica, considerando o aproveitamento de estruturas existentes, além de se tratar de uma solução de baixo risco para a disposição de rejeitos.

O EIA informou que alternativas tecnológicas de disposição de rejeitos foram estudadas. No entanto, não apresentou ou referenciou tais estudos, descrevendo somente a opção que se desejava implantar. Além disso, percebeu-se que, mesmo após o rompimento da barragem, que culminou em uma série de impactos ambientais, na justificativa da escolha da técnica não foram citados os fatores ambientais. A argumentação concentrou-se na viabilidade técnica da opção, além dos benefícios econômicos do retorno das atividades da empresa para a sociedade (geração de renda, empregos, arrecadação de tributos pelo poder público, etc.).

Comparando com a disposição dos rejeitos em barragem, à princípio, a disposição em cava aparenta ser uma boa alternativa. No entanto, não foram apresentadas as vantagens e desvantagens da tecnologia desejada, nem as implicações de uma proposição, num futuro próximo, de uma nova alternativa para continuidade das operações. Além disto, opções para aumentar a vida útil da cava não foram propostas, como por exemplo, filtrar o rejeito arenoso e dispor o mesmo em pilhas. Esta última opção acabou sendo incluída posteriormente no processo de Licença de Operação Corretiva (LOC) das atividades da empresa (MINAS GERAIS, 2019b).

Portanto, o estudo não apresentou as alternativas tecnológicas (critério 1, Tabela 3), impossibilitando a análise dos critérios 3 a 11 (Tabela 3). Também não considerou a hipótese de não execução do projeto (critério 2, Tabela 3). Verificou-se, portanto, que o EIA em análise deixou de cumprir o mínimo exigido pela Resolução CONAMA nº 01/86.

3.9. Anglo American – Projeto de extensão da Mina do Sapo

O empreendedor apresentou EIA/RIMA com vistas à formalização do processo de licenciamento ambiental da expansão da produção de minério de ferro beneficiado na mina do Sapo, localizada nos municípios de Conceição do Mato Dentro e Alvorada de Minas, objetivando a obtenção da LP + LI (FERREIRA ROCHA, 2015). O empreendimento em questão advém do Projeto Minas-Rio, o qual foi planejado para uma sequência de expansões.

Para o estudo das alternativas tecnológicas de disposição de rejeitos, foi destinado um parágrafo do EIA, o qual citava que a opção de altear a barragem já existente traria benefícios ambientais em comparação à construção de um novo barramento. De acordo com o estudo, desta forma se minimizaria os impactos sobre áreas que necessitariam ser interferidas para a construção de uma nova barragem.

De acordo com o EIA, a sequência de expansões do Projeto Minas-Rio pretendia utilizar as reservas geológicas e infraestruturas já implantadas e em operação. A opção de alteamento da barragem de rejeitos já era algo pré-determinado pelo empreendedor. Porém, mesmo se tratando de um projeto de ampliação, alternativas deveriam ter sido estudadas, de forma a garantir a implantação da tecnologia de melhor viabilidade ambiental.

Portanto, apesar de apresentar o tópico referente às alternativas tecnológicas, o estudo não as apresentou de fato (critério 1, Tabela 3), impossibilitando a análise dos critérios 3 a 11 (Tabela 3). O estudo também não considerou a hipótese de não execução do projeto (critério 2, Tabela 3). Assim, conclui-se que o EIA em análise deixou de cumprir o mínimo exigido pela Resolução CONAMA nº 01/86.

3.10. MLOG S.A. – Projeto mineralógico Morro do Pilar

O empreendedor apresentou EIA/RIMA para subsidiar o processo de licenciamento ambiental da extração e beneficiamento de minério de ferro prevista para o município de Morro do Pilar, objetivando a obtenção da LP (GEONATURE SERVIÇOS EM MEIO AMBIENTE LTDA, 2012).

O EIA apresentou três alternativas de disposição de rejeitos: disposição a seco, disposição na forma de pasta e disposição hidráulica (critério 1, Tabela 3).

A disposição de rejeitos a seco seria realizada com material filtrado e transportado por caminhões ou correias transportadoras até a disposição na forma de pilhas. De acordo com o estudo, tal tecnologia apresentava alguns inconvenientes, como o intenso tráfego de caminhões para o transporte do material, demanda de uma barragem para contenção dos sólidos erodidos, demanda de volumes elevados de solo vegetal para revegetação do depósito, geração de poeira e pouca disponibilidade de área para as estruturas. Durante os nove anos previstos de operação da cava, 7% do total de rejeitos gerados ainda seria composto por lama não filtrável, o que exigiria a implantação de uma barragem. Apesar desta alternativa aumentar significativamente o tempo de vida útil da barragem, já que deixaria de ser utilizada para armazenar 100% do rejeito, ela foi prontamente descartada no estudo. Observou-se que apenas as desvantagens dessa alternativa foram apresentadas.

A segunda alternativa apresentada foi a disposição dos rejeitos na forma de pasta. Esta técnica foi então comparada à disposição hidráulica. A grande desvantagem das estruturas de disposição na forma de pasta em relação às barragens é a não adequação em áreas de elevado índice pluviométrico e relevo íngreme, onde há alto potencial de erodibilidade, características encontradas na região do empreendimento, segundo o EIA. Outra desvantagem citada foi o elevado custo de investimento e operacional. Assim, a opção de dispor os rejeitos na forma de pasta foi prontamente descartada, porém, sem apresentar dados técnicos para subsidiar a exclusão da alternativa.

A terceira alternativa abordada foi a disposição hidráulica. De acordo com o estudo, este é o método mais aplicado no Brasil e no exterior, sendo a forma de disposição facilitada quando o processo de concentração é a úmido. Custos de implantação e de operação inferiores aos demais sistemas analisados e a simplicidade operacional foram destacados como vantagens da tecnologia. O diferencial do projeto seria um empilhamento drenado, em contraposição ao barramento de rejeitos, sendo que o empilhamento drenado apresenta como vantagem a maior segurança e menor risco de acidentes. Ficou claro que essa alternativa é a que se desejava escolher, pois foram abordadas apenas suas vantagens. Observou-se, por outro lado, alguma inovação no projeto, na medida em que se optou por uma tecnologia diferente da barragem convencional (critério 10, Tabela 3).

Apesar de propor tecnologias possíveis de serem aplicadas (critério 5, Tabela 3), o estudo de alternativas tecnológicas mostrou um certo enviesamento (critério 3, Tabela 9), visto que, para as tecnologias descartadas foram destacadas apenas as desvantagens, e para a tecnologia escolhida foram ressaltadas apenas as vantagens. Foram enfatizados no estudo os aspectos técnicos, econômicos e de segurança, e pouco se discutiu acerca dos impactos ambientais de cada alternativa (critério 6, critério 7, Tabela 3). Além disso, o processo de escolha foi realizado sem uma análise criteriosa e sem apresentar dados técnicos, informações referenciadas ou indicadores para a tomada de decisão (critério 4, critério 11, Tabela 3).

Ademais, apesar de comparações esporádicas, o estudo não apresentou uma análise comparativa de todas as alternativas (critério 8, Tabela 3), e, apesar da tentativa de se justificar os motivos que eliminaram duas opções, esses não foram embasados (critério 9, Tabela 3).

Com relação à hipótese de não execução do projeto (critério 2, Tabela 3), foi argumentado que o município do Morro do Pilar permaneceria no seu estado atual de estagnação e isolamento econômico. Assim, o município deixaria de gerar empregos e de capacitar a mão de obra local. Além disto, deixaria de arrecadar impostos e *royalties*, perderia a oportunidade de participar da Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais (CFem) e de contribuir para o crescimento do PIB. Já em relação aos recursos físicos e bióticos, a não implantação do empreendimento iria culminar na manutenção das condições atuais, cuja tendência seria a gradual transformação da paisagem florestal em pastagem e a degradação da Mata Atlântica. Verificou-se, portanto, que a implantação do projeto foi justificada primordialmente por questões econômicas. Os prováveis impactos no meio físico e biótico foram, contudo, previstos sem apresentar embasamento técnico-científico.

3.11. Vale S.A. – Alteamento da barragem de rejeitos Itabiruçu El. 850m

O empreendedor apresentou EIA/RIMA para processo de regularização ambiental das atividades de exploração e beneficiamento de minério de ferro, localizadas no município de Itabira, objetivando a obtenção da LP + LI + LO (TOTAL PLANEJAMENTO EM MEIO AMBIENTE LTDA, 2017).

O empreendimento em questão compõe o Complexo Itabira, o qual compreende a Mina Conceição, que possui toda estrutura necessária para sua operação, como pilhas de estéril, estruturas administrativas e operacionais, e as barragens Conceição, Rio do Peixe e Itabiruçu.

Neste contexto, no tópico destinado à apresentação das alternativas tecnológicas, o EIA apenas citou a possibilidade de ampliação de barragens já existentes e/ou a utilização de área já antropizadas pela atividade de mineração. A empresa definiu a ampliação da barragem Itabiruçu, considerando fatores ambientais, econômicos, de engenharia e os volumes de rejeitos previstos no processo de beneficiamento. Esses fatores, no entanto, não foram detalhados. De acordo com o estudo, se novas áreas fossem selecionadas, ocorreriam impactos, como: intervenção em um novo curso d'água; intervenção em maiores áreas de vegetação nativa e maior distância a ser percorrida para o transporte do rejeito.

Efetivamente, o EIA não apresentou um estudo de alternativas tecnológicas. Houve uma breve tentativa de se comparar a possibilidade de utilizar uma área já antropizada e uma nova área, mas não se abordou diferentes tecnologias. Nem mesmo essa breve comparação foi criteriosa, abordando as desvantagens do uso de nova área, mas não levantando possíveis impactos de se utilizar áreas já existentes.

Portanto, o estudo não apresentou as alternativas tecnológicas (critério 1, Tabela 3), impossibilitando a análise dos critérios 3 a 11 (Tabela 3). Também não considerou a hipótese de não execução do projeto (critério 2, Tabela 3). O EIA analisado deixou de cumprir o mínimo exigido pela Resolução CONAMA nº 01/86 no que diz respeito ao estudo de alternativas tecnológicas.

3.12. Ferro + Mineração S.A. – Lavra a céu aberto, UTM, pilhas de estéril e rejeito e estrada

O empreendedor apresentou EIA/RIMA para subsidiar o licenciamento ambiental das atividades de ampliação da lavra de minério de ferro, localizado no município de Ouro Preto, objetivando a LP + LI (CERN, 2014).

O projeto consistia na ampliação da mina em operação, sendo que o minério seria beneficiado em instalações existentes e o rejeito, após passar por um espessador, seria bombeado para baias de decantação. Nestas baias, a água seria recuperada e o rejeito seco seria disposto em pilhas. O EIA apenas descreveu como seria realizada a disposição dos rejeitos em pilhas, não abordando outras opções. Mesmo que a tecnologia selecionada aparentemente apresente vantagens em relação à disposição dos rejeitos em barragens, essas vantagens não foram elencadas frente a outras alternativas disponíveis.

Portanto, o EIA em análise não apresentou alternativas tecnológicas (critério 1, Tabela 3), impossibilitando a análise dos critérios 3 a 11 (Tabela 3). Além disto, não foi considerada a hipótese de não execução do projeto (critério 2, Tabela 3), não cumprindo o mínimo exigido pela Resolução CONAMA nº 01/86.

3.13. CSN Mineração S.A. – Projeto da pilha de rejeito desaguado e/ou filtrado do Fraile

O empreendedor apresentou EIA/RIMA para subsidiar o processo de regularização ambiental para obtenção da LP + LI referente ao aumento da capacidade de produção e entrada em operação de novas plantas de beneficiamento na Mineração Casa da Pedra, localizada em Congonhas (SETE

SOLUÇÕES E TECNOLOGIA AMBIENTAL LTDA, 2017).

Segundo o EIA, o estudo das alternativas tecnológicas foi elaborado separadamente e consistiu no chamado Plano Diretor de Disposição de Rejeitos (PIMENTA DE ÁVILA CONSULTORIA LTDA, 2016). O estudo contemplou três alternativas: disposição em barragem convencional, por empilhamento drenado (aterro hidráulico) e por empilhamento a seco (*dry stacking*) (critério 1, Tabela 3).

A disposição de rejeitos em barragem convencional era a técnica utilizada até então na Mineração Casa da Pedra. O estudo de alternativas apresentou as principais vantagens da técnica, destacando-se o fato de se tratar de uma tecnologia bastante difundida no Brasil e no exterior, os custos de operação serem inferiores aos de um empilhamento drenado e os custos de implantação e operação serem inferiores ao de uma estrutura em *dry stacking*. Grande área de ocupação, incorrendo maiores impactos ambientais; baixa recuperação de água no processo, requerendo consumo de água nova para usina; e a possibilidade de alteração dos parâmetros de qualidade da água se o efluente for lançado no meio ambiente, foram algumas das desvantagens citadas.

A segunda alternativa descrita foi o empilhamento drenado. Dentre as vantagens da técnica, foi citado que a barragem seria construída com menos investimentos iniciais, uma vez que os alteamentos ocorreriam em conjunto com a geração dos rejeitos na planta. Como desvantagens foram citadas, entre outros, a maior dificuldade de controle do nível d'água (drenagem interna); maior suscetibilidade a efeitos de *piping*; geração de superfícies erodíveis; e não atendimento a um dos requisitos técnicos necessários para implantação da tecnologia. O estudo de alternativas considerou a possibilidade de utilizar a ciclonação nos rejeitos, de forma a retirar água, promovendo sua recirculação no processo e, ao mesmo tempo, promover a partição granulométrica dos rejeitos, separando a fração mais grossa da fração mais fina. Desta forma, a fração mais grossa poderia ser utilizada na conformação do barramento, servindo de material para construção de diques de alteamento, por meio da técnica de empilhamento drenado. E a parcela mais fina seria destinada a lançamento em reservatórios, formado ou pelo empilhamento ou por barragens a serem alteadas. Os requisitos de aplicabilidade foram citados, bem como as vantagens, destacando-se o fato do processo oferecer melhor controle da dinâmica de ocupação do reservatório da barragem, em função da separação entre rejeitos finos e grossos; flexibilidade operacional; e o aproveitamento do rejeito grosso como material de construção dos diques de alteamento, o que geraria considerável economia de implantação. Como desvantagem, foi citado o custo operacional mais elevado, em relação à técnica da barragem convencional e do empilhamento drenado sem ciclonação.

A última alternativa abordada foi a disposição de pilhas de rejeitos filtrados na estruturas *dry stacking*. Foram definidos os requisitos e critérios de aplicabilidade, e citado como vantagens que a técnica possui melhor aceitação de órgãos ambientais e da opinião pública; apresenta maior segurança, uma vez que a disposição é realizada "a seco" (com baixa umidade); e proporciona boa recuperação de água de processo da usina, reduzindo o consumo de água nova. As desvantagens giram em torno do custo elevado; intenso tráfego de caminhões para o transporte do material, com riscos operacionais; intenso manuseio do material; possível demanda de volumes elevados de solo vegetal para revestimento das pilhas; e emissão de particulado.

Por fim, o estudo de alternativas indicou a viabilidade técnica para empilhamento dos rejeitos através da construção de pilha de rejeitos grossos e/ou finos (filtrados) através da metodologia *dry stacking*. O empilhamento foi justificado em função de se tratar da implementação de maior segurança para as estruturas que maximizam a capacidade de contenção de rejeitos, pela tendência atual de maior dificuldade em licenciar novas áreas para disposição de rejeitos, e indisponibilidade de novas áreas para dispor rejeitos.

As opções abordadas no estudo de alternativas seriam todas possíveis de serem aplicadas (critério 5, Tabela 3). Foram apresentadas as vantagens e desvantagens de cada alternativa principalmente sob a ótica técnica e operacional (critério 7, Tabela 3), não sendo observado

enviesamento visando engrandecer a alternativa escolhida (critério 3, Tabela 3).

No entanto, o estudo de alternativas não apresentou dados técnicos ou informações referenciadas (critério 4, Tabela 3). Ademais, os impactos ambientais de cada alternativa não foram suficientemente abordados (critério 6, Tabela 3), ficando a análise concentrada em aspectos técnicos e operacionais. Apesar de algumas comparações quanto aos custos de implantação e operação terem sido apresentadas, não foi realizada uma análise comparativa abrangente das alternativas (critério 8, Tabela 3). Outra deficiência observada foi a não consideração da hipótese de não execução do projeto (critério 2, Tabela 3).

O processo de escolha da alternativa foi justificado (critério 9, Tabela 3). No entanto, a decisão não se baseou em indicadores quantitativos (critério 11, Tabela 3). Apesar disto, observou-se a iniciativa em considerar metodologias mais modernas, não se restringindo à mais usual (barragem de rejeitos) (critério 10, Tabela 3).

4. DISCUSSÃO

De um total de 13 EIAs avaliados, apenas quatro abordaram estudos de alternativas tecnológicas de disposição de rejeitos. A disposição na forma espessada ou em pasta foi citada por três estudos, mas descartada por questões econômicas, condições climáticas e de relevo desfavoráveis ou por necessidade de mais estudos (Tabela 4). Esta técnica, considerada como uma tecnologia emergente de manejo de rejeitos (YILMAZ; FALL, 2017), mas ainda não difundida no Brasil, deveria ter sido discutida com dados fundamentados, uma vez que já existem evidências que ela é uma opção ambientalmente favorável e segura em operações minerárias (LU et al., 2018).

Já a técnica de disposição por empilhamento drenado foi citada em dois estudos, sendo escolhida por um empreendimento (Projeto minerário Morro do Pilar, MLOG S.A.; Tabela 4). Este método utiliza uma estrutura drenante de barramento, que libera a água por meio de um sistema de drenagem interna. Ainda não é uma técnica amplamente aplicada no Brasil, mas demonstra ser uma opção viável para recuperação de água no processo e mais segura comparada à barragem de rejeitos convencional (ÁVILA, 2011). No entanto, há que se considerar que a Barragem de Fundão, que se rompeu em novembro de 2015, possuía um barramento construído com rejeito granular empilhado pela técnica de aterro hidráulico, caracterizando-se assim, como um empilhamento drenado (ALVES, 2015).

A disposição de rejeitos por empilhamento a seco foi discutida nos quatro EIAs que apresentaram alternativas tecnológicas, sendo que dois decidiram por esta tecnologia (Projeto de disposição de rejeitos secos – Pilha Garrote, Votorantim Metais Zinco S.A. e Projeto da pilha de rejeito desaguado e/ou filtrado do Fraile, CSN Mineração S.A.; Tabela 4). Disponibilidade de água, condições topográficas e geotécnicas favoráveis à instalação de barragens de rejeitos e elevados custos de aquisição e operação são alguns dos fatores que justificam a não implementação ampla desta tecnologia nas minerações no Brasil até o momento (GOMES; TOMI; ASSIS, 2016). Apesar disto, observou-se que cinco dos nove empreendimentos que não abordaram estudos de alternativas propuseram dispor seus rejeitos (ou parte deles) a seco (Tabela 4). Três deles planejaram utilizar bacias de sedimentação/decantação, estruturas simples e de fácil operação, com posterior disposição em pilha de rejeitos secos. Porém, a aplicação de tal metodologia é viável quando são gerados menores volumes de resíduo. As técnicas de desaguamento de rejeitos têm se mostrado como uma alternativa ambientalmente viável, pois promovem a reciclagem de água na mineração, reduzem a escala de construção de novas barragens, aumentam a estabilidade e vida útil de barragens existentes e diminuem a emissão de rejeitos ao meio ambiente (ZHANG et al., 2017).

Apesar das dificuldades no descomissionamento e dos riscos potenciais de danos ao meio ambiente e de perdas humanas, cinco empreendimentos decidiram pelo método mais usual de disposição de rejeitos, ou seja, barragem de contenção (Tabela 4). Desses cinco projetos, apenas um discutiu alternativas de disposição de rejeitos (Barragem Maravilhas III, Vale S.A.), mas excluiu essas opções por questões primordialmente econômicas. Todos os cinco projetos se tratavam de ampliações de atividades existentes, e tenderam a repetir tecnologias já adotadas, perpetuando um *modus operandi*. Barragens de rejeitos geralmente são megaestruturas que ocupam grandes áreas naturais. A forma como a extração e beneficiamento de minério ocorre atualmente deve ser revista, de forma a proporcionar a implementação de tecnologias alternativas de disposição de rejeitos mais seguras e mais favoráveis ao meio ambiente, tais como a disposição em cavas abandonadas ou por empilhamento a seco (CARMO et al., 2017).

Dentre os nove EIAs que não cumpriram ao disposto na Resolução CONAMA nº 01/86, ou seja, aqueles que não contemplaram as alternativas tecnológicas, cinco deles mencionaram o tópico, mas abordaram assuntos não relacionados a formas de disposição de rejeitos. Foram discutidos métodos de concentração, alternativas para fonte de energia, métodos construtivos de barragens e breves comparações entre alteamento de barragem já existente e construção de um novo barramento. Ainda com relação ao atendimento à Resolução CONAMA nº 01/86, apenas três estudos abordaram a hipótese de não execução dos projetos. Esta opção foi prontamente descartada em todos os casos por motivos econômicos.

Nenhum estudo atendeu a todos os critérios legais e de boas práticas ambientais na seleção das alternativas. Apenas o EIA do Projeto de disposição de rejeitos secos – Pilha Garrote (Votorantim Metais Zinco S.A.) detalhou o processo de seleção da alternativa considerada ambientalmente mais viável. No entanto, o estudo não embasou ou referenciou os dados usados na análise e, como a grande maioria dos estudos, não discutiu a hipótese de não implantação do projeto.

Ausência de proposição de alternativas, prevalência de aspectos econômicos sobre os ambientais na escolha das alternativas e comparação de alternativas a partir de base de conhecimento diferenciada foram algumas das deficiências em EIAs reportadas na literatura e observadas nesta pesquisa (MPF, 2004; ALMEIDA; MONTAÑO, 2015; DUARTE; DIBO; SÁNCHEZ, 2017).

De uma forma geral, os EIAs analisados se limitaram em descrever a tecnologia de disposição de rejeitos previamente escolhida pelo empreendedor, ou seja, aquela que se desejava licenciar. Isto, na verdade, reflete uma das limitações da AIA de projetos. Normalmente os EIAs são elaborados quando o projeto de engenharia está suficientemente definido e quando as avaliações econômicas já indicaram sua viabilidade. Isso significa que uma análise de opções tecnológicas representa um questionamento de decisões já tomadas. A aplicação da Avaliação Ambiental Estratégica (AAE), ainda não implementada no Brasil, seria a ferramenta adequada para a análise de alternativas (SÁNCHEZ, 2017). Durante uma AAE seria possível, por exemplo, identificar os principais problemas gerados por diferentes tecnologias de processamento de minério e de disposição de rejeitos no Estado, possibilitando uma discussão e proposição de soluções antes que cada projeto individual fosse apresentado para licenciamento ambiental.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A AIA de projetos requer a identificação de alternativas tecnológicas a serem analisadas no contexto de um EIA, de modo a selecionar aquela mais interessante do ponto de vista ambiental.

A análise dos dados mostrou que o processo de escolha de tecnologias de disposição de rejeitos de atividades minerárias no estado de Minas Gerais é subjetivo e arbitrário, não atendendo a critérios legais e de boas práticas ambientais. Observou-se que ainda ocorre a seleção de projetos com disposição de rejeitos em barragens, apesar do histórico de rompimentos no Estado envolvendo essas

estruturas.

De um modo geral, os estudos analisados se limitaram em descrever a tecnologia que se desejava obter o licenciamento ambiental. Há um entendimento que, somente com a aplicação da AAE a abordagem das alternativas seja adequadamente tratada, garantindo assim a inserção das questões ambientais nos processos de tomada de decisão.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, M. R. R.; MONTAÑO, M. Benchmarking na avaliação de impacto ambiental: o sistema mineiro frente às melhores práticas internacionais. **Sociedade & Natureza**, v. 27, n. 1, p.81-96, 2015.
- ALMEIDA, M. R. R.; MONTAÑO, M. A efetividade dos sistemas de avaliação de impacto ambiental nos estados de São Paulo e Minas Gerais. **Ambiente & Sociedade**, v. 20, n. 2, p. 77-104, 2017.
- ALVES, H. O. **Estudo comparativo de duas técnicas de lavra em barragem de rejeito sob o ponto de vista geotécnico**. Tese de Mestrado em Geotecnia e Transportes, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brasil, 2015.
- ARCADIS S.A. **Estudo de Impacto Ambiental – EIA: Sistema de disposição de rejeito - Alegria Sul. Samarco Mineração S.A.** Ouro Preto, MG, 2016. Recuperado em 17 setembro, 2019, de <http://www.siam.mg.gov.br/siam>.
- ÁVILA J. The drained stacking of granular tailings: a disposal method for a low degree of saturation of the tailings mass. **Proceedings of Tailings and Mine Waste**, Vancouver, BC, 2011.
- BRASIL. Lei nº 6.938 de 31 de agosto de 1981. **Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências**. Diário Oficial da União: Brasília, 02/09/1981. 1981.
- BRASIL. Resolução CONAMA nº 1, de 23 de janeiro de 1986. **Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental**. Diário Oficial da União: Brasília, 17/02/1986. 1986.
- CARMO, F. F.; KAMINO, L. H. Y.; JUNIOR, R. T.; CAMPOS, I. C.; CARMO, F. F.; SILVINO, G.; CASTRO, K. J. S. X.; MAURO, M. L.; RODRIGUES, N. U. A.; MIRANDA, M. P. S.; PINTO, C. E. F. Fundação tailings dam failures: the environment tragedy of the largest technological disaster of Brazilian mining in global context. **Perspectives in Ecology and Conservation**, v. 15, p. 145–151, 2017.
- CERN. Consultoria e Empreendimentos de Recursos Naturais Ltda. **Estudo de Impacto Ambiental – EIA: Volume I - lavra a céu aberto, UTM, pilhas de estéril e rejeito e estrada. Ferro + Mineração S.A.** Ouro Preto, MG, 2014. Recuperado em 17 setembro, 2019, de <http://www.siam.mg.gov.br/siam>.
- CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Manual para elaboração de estudos para o licenciamento com Avaliação de Impacto Ambiental**. Anexo único, São Paulo, 2014. Recuperado em 12 setembro, 2019, de <https://licenciamento.cetesb.sp.gov.br/cetesb/documentos/Manual-DD-217-14.pdf>
- DUARTE, C. G.; DIBO, A. P. A.; SÁNCHEZ, L. E. O que diz a pesquisa acadêmica sobre avaliação de impacto e licenciamento ambiental no Brasil? **Ambiente & Sociedade**, v. 20, n. 1, p. 245-278, 2017.
- ECOLAB MEIO AMBIENTE LTDA. **Estudo de Impacto Ambiental – EIA: Unidade Industrial Vazante – Projeto de disposição de rejeitos secos Pilha Garrote**. Votorantim Metais Zinco S.A. Vazante, MG, 2016. Recuperado em 17 setembro, 2019, de <http://www.siam.mg.gov.br/siam>.
- ESPÓSITO, T. J.; DUARTE, A. P. Classificação de barragens de contenção de rejeitos de mineração e de resíduos industriais em relação a fatores de risco. **Revista Escola de Minas**, v. 63, n. 2, p. 393-398, 2010.
- FERNANDES, A. H. V.; CASSIANO, M. A.; GUIMARÃES, M. T. C. S.; ALMEIDA, M. R. R. Alternativas locais em Avaliação de Impacto Ambiental de rodovias mineiras. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 43, p. 73-90, 2017.

FERREIRA ROCHA. **Estudo de Impacto Ambiental – EIA: Projeto de extensão da Mina do Sapo – Caracterização do empreendimento – Áreas de estudo – Referências legais – Volume I/IV. Anglo American.** Conceição do Mato Dentro e Alvorada de Minas, MG, 2015. Recuperado em 20 setembro, 2019, de <http://www.siam.mg.gov.br/siam>.

FREITAS, C. M.; SILVA, M. A.; MENEZES, F. C. **O desastre na barragem de mineração da Samarco - fratura exposta dos limites do Brasil na redução de risco de desastres.** Ciência e Cultura, v. 68, n. 3, 2016.

GEOMIL. Serviços de Mineração Ltda. **Estudo de Impacto Ambiental – EIA: lavra de minério de ferro com tratamento a úmido, lavra de cascalho, pilha de estéril/rejeito.** MML – Metais Mineração Ltda. Passa Tempo, MG, 2015. Recuperado em 14 setembro, 2019, de <http://www.siam.mg.gov.br/siam>.

GEONATURE SERVIÇOS EM MEIO AMBIENTE LTDA. **Estudo de Impacto Ambiental – EIA: Volume I – Apresentação do empreendimento. Morro do Pilar Minerais S.A.** Morro do Pilar, MG, 2012. Recuperado em 18 setembro, 2019, de <http://www.siam.mg.gov.br/siam>.

GOMES, R. G.; TOMI, G.; ASSIS, P. S. Iron ore tailings dry stacking in Pau Branco mine, Brazil. **Journal of Material Research and Technology**, v. 5, n. 4, p. 339–344, 2016.

IBRAM. Instituto Brasileiro de Mineração. **Gestão e Manejo de Rejeitos da Mineração.** 1a ed. Brasília, 2016. Recuperado em 04 maio, 2020, de <http://www.ibram.org.br/sites/1300/1382/00006222.pdf>

IBRAM. Instituto Brasileiro de Mineração. **Relatório Anual de Atividades, Julho 2017 - Junho 2018.** Brasília, 2018. Recuperado em 04 maio, 2020, de https://portaldaminerao.com.br/ibram/wp-content/uploads/2018/07/Diagrama%C3%A7%C3%A3o_Relat%C3%B3rioAnual_vers%C3%A3oweb.pdf

IPEA. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Diagnóstico dos resíduos sólidos da atividade de mineração de substâncias não energéticas: Relatório de pesquisa.** Brasília: Silva, A. P. M., Viana, J. P., Cavalcante, A. L. B., 2012. Recuperado em 05 maio, 2020, de http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/7702/1/RP_Diagn%C3%B3stico_2012.pdf

KOSSOFF, D.; DUBBINN, W. E.; ALFREDSSON, M.; EDWARDS, S. J.; MACKLIN, M. G.; HUDSON-EDWARDS, K. A. Mine tailings dams: characteristics, failure, environmental impacts, and remediation. **Applied Geochemistry**, v. 51, p. 229-245, 2014.

LANDIM, S. N. T.; SÁNCHEZ, L. E. The contents and scope of environmental impact statements: how do they evolve over time? **Impact Assessment and Project Appraisal**, v. 30, n. 4, p. 217–228, 2012.

LITHOS GEOLOGIA ENGENHARIA E MEIO AMBIENTE LTDA. **Estudo de Impacto Ambiental – EIA: Lavra a céu aberto com tratamento a úmido – Manganês. Oratórios Engenharia Mineral Ltda.** Nazareno, MG, 2015. Recuperado em 17 setembro, 2019, de <http://www.siam.mg.gov.br/siam>.

LU, H.; CHONGCHONG, Q.; QIUSONG, C.; DEQING, G.; ZHENLIN, X.; YAJUN, H. A new procedure for recycling waste tailings as cemented paste backfill to underground stopes and open pits. **Journal of Cleaner Production**, v. 188, p. 601-612, 2018.

LUME ESTRATÉGIA AMBIENTAL LTDA. **Estudo de Impacto Ambiental – EIA: Barragem Congonhas. Vale S.A.** Itabirito, MG, 2010. Recuperado em 17 setembro, 2019, de <http://www.siam.mg.gov.br/siam>.

LUME ESTRATÉGIA AMBIENTAL LTDA. **Estudo de Impacto Ambiental – EIA: Projeto Expansão de Brucutu Cava Divisa. Vale S.A.** São Gonçalo do Rio Abaixo e Barão de Cocais, MG, 2012. Recuperado em 14 setembro, 2019, de <http://www.siam.mg.gov.br/siam>.

MINAS GERAIS. Decreto nº 46.953, de 23 de fevereiro de 2016. **Dispõe sobre a organização do Conselho Estadual de Política Ambiental – COPAM, de que trata a Lei nº 21.972, de 21 de janeiro de 2016.** Diário do Executivo, Minas Gerais, 24/02/2016. 2016.

MINAS GERAIS. Deliberação Normativa Copam nº 217, de 06 de dezembro de 2017. **Estabelece critérios para classificação e critérios locais para definição das modalidades de licenciamento ambiental de empreendimentos e atividades utilizadores de recursos ambientais no Estado de Minas Gerais.** Diário do Executivo, Minas Gerais,

08/12/2017. 2017a.

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. Subsecretaria de Gestão e Regularização Ambiental Integrada. Superintendência Regional de Meio Ambiente do Alto São Francisco. **Parecer Único Nº 0673067/2017**. Divinópolis: Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. 2017b.

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. Subsecretaria de Gestão e Regularização Ambiental Integrada. Superintendência de Projetos Prioritários. **Parecer Único Nº 02/2017**. Belo Horizonte: Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. 2017c.

MINAS GERAIS. Lei nº 23.291, de 25 de fevereiro de 2019. **Institui a política estadual de segurança de barragens**. Diário Executivo, Minas Gerais, 26/02/2019. 2019a.

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. Superintendência de Regularização Ambiental – SUPRAM. Superintendência de Projetos Prioritários - SUPPRI. **Parecer Único Nº 0603993/2019**. Belo Horizonte: Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. 2019b.

MONTAÑO, M.; SOUZA, M. P. A viabilidade ambiental no licenciamento de empreendimentos perigosos no Estado de São Paulo. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 13, n. 4, p. 435-442, 2008.

MPF. Ministério Público Federal. **Deficiências em Estudos de Impacto Ambiental: síntese de uma experiência**. Brasília: 4ª Câmara de Coordenação e Revisão, Escola Superior do Ministério Público da União, 2004. Disponível: <http://escola.mpu.mp.br/publicacoes/obras-avulsas/e-books-esmpu/deficiencias-em-estudos-de-impacto-ambiental>. Acesso: 18 fev. 2020.

MULTIGEO MINERAÇÃO GEOLOGIA E MEIO AMBIENTE LTDA. **Estudo de Impacto Ambiental – EIA: Alçamento da Barragem BL- 1. Volume I - caracterização do empreendimento e diagnóstico do meio físico. Vale Fertilizantes S.A.** Tapira, MG, 2017. Recuperado em 14 setembro, 2019, de <http://www.siam.mg.gov.br/siam>.

PIMENTA DE ÁVILA CONSULTORIA LTDA. **Plano Diretor da Disposição de Rejeitos da Mineração Casa de Pedra**, 2016.

PROMINER PROJETOS LTDA. **Estudo de Impacto Ambiental – EIA: Barragens B6 e B7. Vale Fertilizantes S.A.** Araxá, MG, 2011. Recuperado em 20 setembro, 2019, de <http://www.siam.mg.gov.br/siam>.

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos** (2a ed.). São Paulo: Oficina de textos, 2013.

SÁNCHEZ, L. E. Por que não avança a avaliação ambiental estratégica no Brasil? **Estudos Avançados**, v. 31, n. 89, p. 167-183, 2017.

SANTOS, O. S. H.; AVELLAR, F. C.; ALVES, M.; TRINDADE, R. C.; MENEZES, M. B.; FERREIRA, M. C.; FRANÇA, G. S.; CORDEIRO, J.; SOBREIRA, F. G.; YOSHIDA, I. M.; MOURA, P. M.; BAPTISTA, M. B.; SCOTTI, M. R. Understanding the environmental impact of a mine dam rupture in Brazil: Prospects for Remediation. **Journal of Environmental Quality**, v. 48, p. 1-11, 2019.

SETE SOLUÇÕES E TECNOLOGIA AMBIENTAL LTDA. **Estudo de Impacto Ambiental – EIA: Pilha de Rejeito Desaguado e/ou Filtrado do Fraile – Mina Casa de Pedra – Volume I. CSN Mineração S.A.** Congonhas, MG, 2017. Recuperado em 18 setembro, 2019, de <http://www.siam.mg.gov.br/siam>.

SIAM. **Sistema Integrado de Informação Ambiental**, 2019. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/siam>>. Acesso em: 10 set. 2019.

THOMPSON, F.; OLIVEIRA, B. C.; CORDEIRO, M. C.; MAIS, B. P.; RANGEL, T. P.; PAZ, P.; FREITAS, T.; LOPES, G.; SILVA, B. S.; CABRAL, A. S.; SOARES, M.; LACERDA, D.; VERGILIO, C. S.; LOPES-FERREIRA, M.; LIMA, C.; THOMPSON, C.; REZENDE, C. E. Severe impacts of the Brumadinho dam failure (Minas Gerais, Brazil) on the water quality of the Paraopeba River. **Science of the Total Environment**, v. 705, p. 1-6, 2020.

TOTAL PLANEJAMENTO EM MEIO AMBIENTE LTDA. **Estudo de Impacto Ambiental – EIA: Alçamento da**



Barragem de Rejeitos Itabiruçu EL. 850 m – Volume I A. Vale S.A. Itabira, MG, 2017. Recuperado em 17 setembro, 2019, de <http://www.siam.mg.gov.br/siam>.

YILMAZ E.; FALL, M. **Paste Tailings Management**. Cham, Switzerland; Springer, 2017.

ZHANG, D.; LI, S.; WANG, X.; HE, Y. Super Large-Scale Filtered Tailing Disposal on Coal-Mining Subsidence Land. **Polish Journal of Environmental Studies**, v. 26, n. 4, p. 1855-1863, 2017